新型甜味剂及鲜味剂在断奶仔猪饲粮中的应用效果[1]

李方方[1]　刘清梅[1]　张　勇[1,2]　黄铁军[2]　何茂龙[2]　朱宇旌[1*]

（1.沈阳农业大学畜牧兽医学院，沈阳 110866；2.乐达（广州）香味剂有限公司，广州 510730）

摘　要：本试验旨在研究新型甜味剂及鲜味剂对断奶仔猪生长性能、血清胃肠肽指标、养分消化率及粪便微生物数量的影响。选取体况良好、体重（7.81±0.82） kg 的（28±2）日龄的大白断奶仔猪 128 头，随机分成 4 个组，每组 4 个重复，每个重复 8 头仔猪。对照组（A 组）饲喂不加香味剂和甜味剂的基础饲粮，试验组在基础饲粮上分别添加 0.2 g/kg 的糖精钠（B 组）、0.2 g/kg 的鲜味组合物（C 组）和 0.2 g/kg 的植物甜味提取物（D 组）。试验期 28 d。结果表明：1）与对照组相比，B、C、D 组断奶仔猪第 1～14 天和第 1～28 天的料重比均极显著降低（$P<0.01$）；2）与对照组相比，C 组血清胰高血糖素样肽-1 含量显著降低（$P<0.05$）。3）各组有机物、粗蛋白质、粗脂肪、钙和磷的消化率均差异不显著（$P>0.05$）。4）各组的粪便大肠杆菌、乳酸杆菌和双歧杆菌数量均差异不显著（$P>0.05$）。由此可见，饲粮中添加糖精钠、鲜味组合物及植物甜味提取物能够改善断奶仔猪的生长性能，调节血清胃肠肽分泌。

关键词：风味剂；断奶仔猪；生长性能；血清胃肠肽指标；养分消化率；粪便微生物

中图分类号：S828　　　文献标识码：　　　　　　文章编号：

动物的采食量在实际生产中起着重要的作用。在养猪生产中，其与仔猪的增重潜力具有很强的线性相关性[1]。因此，提高断奶仔猪的采食量是保证其生长性能的重要措施。因为猪的味觉敏感，所以常在仔猪饲粮中添加各种风味剂以提高其采食量。研究表明，在断奶仔猪饲粮中添加甜味剂不仅能够防止仔猪断奶后的采食抑制[2]，还能够提高断奶仔猪的生长性能[3-6]。现以甜味剂在仔猪饲粮中运用较多，而目前市场上的甜味剂多以糖精钠为主，但糖精钠本身具有金属苦味，会影响饲粮的适口性；鲜味剂在仔猪饲粮中的应用多为谷氨酸钠（sodium glutamate,MSG），但 MSG 使用过量反而会阻碍仔猪生长[7]，而本试验所用的新型甜味剂及鲜味剂均为植物提取物，其安全性更高。且现已知的关于甜味剂与鲜味剂的报道大

收稿日期：2016-09-01
基金项目：国家自然科学基金（31440082，31101253）
作者简介：李方方（1982—），女，辽宁阜新人，博士，讲师，主要从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: lffsyau@sina.com
*通信作者：朱宇旌，副教授，硕士生导师，E-mail: syndzhyj@163.com

多数都是在断奶仔猪生长性能方面的研究，而对于血清胃肠肽指标、养分消化率及粪便微生物数量方面的报道则较少。故本试验以断奶仔猪为试验对象，通过在饲粮中添加新型甜味剂及鲜味剂，考察新型甜味剂及鲜味剂对断奶仔猪生长性能、血清胃肠肽指标、养分消化率及粪便微生物数量的影响

1　材料与方法

1.1　试验材料

本试验所用的糖精钠、鲜味组合物（编号为 79021Z，含植物提取物、酵母降解物、核苷酸、氨基酸及 MSG）及植物甜味提取物（编号为 79028Z，含植物提取物、酵母降解物、核苷酸及氨基酸）均由乐达（广州）香味剂有限公司提供。

1.2　试验设计

本试验采用单因素完全随机化设计，选取体况良好、体重（7.81±0.82） kg 的（28±2）日龄的大白断奶仔猪 128 头，按性别和平均体重一致性原则随机分为 4 个组，每个组 4 个重复，每个重复 8 头仔猪。新型甜味剂及鲜味剂的添加方案见表 1。试验期为 28 d。

表 1　新型甜味剂及鲜味剂的添加方案

Table 1　Novel sweetener and umami enhancer application scheme for experiment

组别 Groups	饲粮组成 Feed constitute
A 组（对照组） Group A (control group)	基础饲粮
B 组 Group B	基础饲粮 + 糖精钠（0.2 g/kg）
C 组 Group C	基础饲粮 + 鲜味组合物（0.2 g/kg）
D 组 Group D	基础饲粮 + 植物甜味提取物（0.2 g/kg）

1.3　饲养管理

试验在辽宁德宝农牧集团艾德蒙种猪繁育场进行，供试仔猪由艾德蒙种猪繁育有限公司提供。本试验的 4 个组在同一栋猪舍内进行，猪舍温度控制在（25±3） ℃，并保持良好的通风。试验管理按照常规管理规程及正常免疫程序进行饲养。试验期间断奶仔猪自由饮水、自由采食。

1.4　试验饲粮

本试验选用玉米-豆粕型基础饲粮，参照 NRC（1998）猪的营养需要，基础饲粮组成及

营养水平见表 2。

表 2 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	70.00
普通豆粕 Common soybean meal	18.00
膨化大豆 Extruded soybean	4.40
进口鱼粉 Imported fish meal	3.00
石粉 Limestone	0.90
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.40
食盐 NaCl	0.30
预混料 Premix[1)]	2.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
代谢能 ME/(MJ/kg)	13.37
粗蛋白质 CP	17.00
钙 Ca	0.84
有效磷 AP	0.43
可消化赖氨酸 DLys	1.00
可消化蛋氨酸 DMet	0.24
可消化苏氨酸 DThr	0.64
可消化色氨酸 DTry	0.16
食盐 NaCl	0.45

1)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 8 000 IU，VD_3 1 228 IU，VE 15 IU，VK_3 3.0 mg，VB_1 1.3 mg，VB_2 3.1 mg，VB_6 1.2 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 13.4 mg，氯化胆碱 choline chloride 500 mg，生物素 biotin 0.11 mg，烟

酸 niacin 25 mg，叶酸 folic acid 0.68 mg，VB_{12} 0.03 mg，Fe (as ferrous sulfate) 120 mg，Cu (as copper sulfate) 10 mg，Zn (as zinc sulfate) 130 mg，Mn (as manganese sulfate) 100 mg，I (as potassium iodide) 0.3 mg，Se (as sodium selenite) 0.3 mg，赖氨酸盐酸盐 Lys•HCl (78%) 3 g，蛋氨酸 Met 2.5 g，*L*-苏氨酸 *L*-Thr 6 g，*L*-色氨酸 *L*-Try 1.5 g。

2）代谢能与可消化氨基酸为计算值，其余为实测值。ME and digestible amino acids were calculated values, while the others were measured values.

1.5 测定指标及方法

1.5.1 生长性能的测定

分别于试验当天、第 15 天以及试验结束当天晨饲前对试验猪逐头进行空腹称重，计算试验期平均日增重（average daily gain,ADG）。试验过程中以重复为单位记录采食量，根据每日记录的给料量、剩余料、损耗料，计算试验期平均日采食量（average daily feed intake,ADFI）。根据 ADFI 和 ADG 计算料重比（feed/gain,F/G）。在试验期间，每天观察仔猪排粪情况，记录腹泻个体，计算腹泻率（diarrhea rate）。记录试验猪的死亡和淘汰情况，发生死淘猪时需及时结料，并对死淘猪进行称重。

1.5.2 血清胃肠肽指标的测定

于试验结束当天，每个重复随机选取 1 头供试仔猪，用真空采血管进行空腹前腔静脉采血 5 mL，采血后静置 30 min 以上，待血凝后，于离心机中以 3 000 r/min 离心 15 min，分离血清，置于-20 ℃冰箱冻存待测。测定的指标包括：胆囊收缩素（cholecystokinin,CCK）、瘦素（leptin，LP）、胰高血糖素样肽-1（glucagon-likepeptide 1,GLP-1）和胃饥饿素（ghrelin）。用放射免疫分析法测定 CCK 含量，按试剂盒说明书用 Sn-69513 型免疫计数器进行测定，试剂盒购自上海第二军医大学神经生物学教研室。用酶联免疫吸附试验法测定 LP、GLP-1 和胃饥饿素含量，按试剂盒说明书通过 Multiskan MK3 酶标仪进行测定，试剂盒均购自南京贝森伽生物技术有限公司。

1.5.3 养分消化率的测定

于试验结束当天，从每个重复中采粪样约 200 g，同一重复仔猪的粪便混匀，加入体积分数为 10%的盐酸溶液以防止氨气的挥发，并做好记录，将样品置于－20 ℃冰箱冷冻保存。饲粮和粪中有机物（OM）、粗蛋白质（CP）、粗脂肪（EE）、钙（Ca）和磷（P）含量的测

定均按照饲料常规分析方法[8]进行。

养分的表观消化率采用内源指示剂法进行计算，使用 2 mol/L-盐酸不溶灰分（2N–AIA）作为指示剂。

计算公式为：X=100－[（b×c）/（a×d）]×100。

式中：X 为养分消化率（%）；a 为饲粮中某养分含量（%）；b 为粪样中某养分含量（%）；c 为饲粮中 2N–AIA 含量（%）；d 为粪样中 2N–AIA 含量（%）。

1.5.4　粪便微生物数量的测定

于试验结束当天，每个重复随机选取 1 头供试仔猪，分别使用无菌自封袋采集其新鲜粪便，封装、记录好后，置于 4 ℃冰箱内，保存待测，测定指标包括大肠杆菌、乳酸杆菌以及双歧杆菌的数量，采用平板涂布法计数。试验所用的培养基均购自青岛高科园海博生物技术有限公司，不同菌种用不同的培养基进行培养，大肠杆菌是麦康凯培养基（HB6238-1），乳酸杆菌是乳酸杆菌选择性琼脂培养基（LBS 培养基，HB0385），而双歧杆菌则是双歧杆菌琼脂培养基（BBL 培养基，HB0395）。其中大肠杆菌的培养条件为 37 ℃有氧 24 h；而乳酸杆菌和双歧杆菌的培养条件为 37 ℃厌氧 48 h，结果均采用每克粪样中所含有的菌落个数的对数[lg(CFU/g)]进行表示。

1.6　数据处理与统计分析

试验数据经 Excel 处理后，采用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析（one-way ANOVA），差异显著时采用 Duncan 氏法进行多重比较，设定 P<0.05 为差异显著，P<0.01 为差异极显著，数据结果以“平均值±标准差”表示。

2　结　果

2.1　饲粮中添加新型甜味剂及鲜味剂对断奶仔猪生长性能的影响

由表 3 可知，与对照组相比，各试验组断奶仔猪的 ADFI 和 ADG 在试验各阶段均差异不显著（P>0.05）。与对照组相比，各试验组断奶仔猪的 F/G 在试验各阶段均有所降低，其中，各试验组断奶仔猪在试验第 1～14 天及第 1～28 天的 F/G 均极显著降低（P<0.01），B 组断奶仔猪的 F/G 最低，较对照组分别降低了 16.87%和 15.05%；在试验第 15～28 天，各试验组断奶仔猪的 F/G 与对照组相比均差异不显著（P>0.05）。与对照组相比，各试验组断奶仔猪的腹泻率均差异不显著（P>0.05）。

表 3　饲粮中添加新型甜味剂及鲜味剂对断奶仔猪生长性能的影响

Table 3　Effects of dietary novel sweetener and umami enhancer on growth performance of weaned piglets

项目 Items	阶段 Period	组别 Groups A	B	C	D	*P* 值 *P*-value
始重 Initial weight/kg		7.82±0.88	7.81±0.89	7.81±0.88	7.81±0.88	1.000
末重 Final weight/kg		15.86±1.81	17.61±2.06	16.81±0.35	17.30±2.25	0.548
平均日采食量 ADFI/(g/d)	第 1～14 天 Day 1 to 14	418.38±55.05	424.65±79.28	435.36±51.07	424.96±94.79	0.990
	第 15～28 天 Day 15 to 28	645.90±89.02	682.34±66.61	642.86±83.81	662.61±86.79	0.897
	第 1～28 天 Day 1 to 28	532.14±58.78	553.50±69.95	539.11±42.24	543.79±85.72	0.973
平均日增重 ADG/(g/d)	第 1～14 天 Day 1 to 14	253.46±45.10	308.26±59.11	308.71±28.63	305.36±60.62	0.363
	第 15～28 天 Day 15 to 28	328.12±44.88	391.92±49.15	343.24±75.64	372.28±64.93	0.463
	第 1～28 天 Day 1 to 28	287.10±42.11	350.09±44.73	329.33±25.43	338.82±51.80	0.219

	第 1～14 天 Day 1 to 14	1.66±0.08[a]	1.38±0.07[c]	1.41±0.05[c]	1.39±0.07[c]	<0.001
料重比 F/G	第 15～28 天 Day 15 to 28	1.97±0.07	1.75±0.08	1.91±0.28	1.80±0.17	0.276
	第 1～28 天 Day 1 to 28	1.86±0.10[a]	1.58±0.01[c]	1.64±0.10[c]	1.60±0.06[c]	0.001
腹泻率 Diarrhea rate/%		12.95±1.63	10.05±1.39	11.39±1.65	10.49±2.43	0.170

同行数据肩标相邻小写字母表示差异显著（*P*<0.05），相间小写字母表示差异极显著（*P*<0.01），相同或无字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same row, values with adjacent letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), and with alternate letter superscripts mean extremely significant difference (*P*<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as below.

2.2 饲粮中添加新型甜味剂及鲜味剂对断奶仔猪血清胃肠肽指标的影响

由表 4 可知，与对照组相比，各试验组断奶仔猪血清 CCK、LP 和胃饥饿素含量差异不显著（*P*>0.05）。与对照组相比，C 组断奶仔猪血清 GLP-1 含量显著降低（*P*<0.05），降低了 38.03%。

表 4 饲粮中添加新型甜味剂及鲜味剂对断奶仔猪血清胃肠肽指标的影响

Table 4 Effects of dietary novel sweetener and umami enhancer on serum gastrointestinal peptide indexes of weaned piglets

项目	组别 Groups				*P* 值
Items	A	B	C	D	*P*-value
胆囊收缩素 CCK/(pg/mL)	45.32±13.22	37.53±10.10	42.52±4.31	39.78±7.40	0.676

瘦素 LP/(ng/mL)	4.70±1.01	4.39±0.25	4.68±0.76	4.51±0.28	0.927
胰高血糖素样肽-1 GLP-1/(pmol/L)	1.70±0.38[a]	1.35±0.12[ab]	1.06±0.22[b]	1.53±0.08[a]	0.046
胃饥饿素 Ghrelin/(ng/L)	450.45±52.54	487.55±17.09	468.32±28.76	465.13±28.86	0.637

2.3 饲粮中添加新型甜味剂及鲜味剂对断奶仔猪养分消化率的影响

由表 5 可知，与对照组相比，各试验组断奶仔猪的 OM、CP、EE、Ca 和 P 消化率均差异不显著（*P*>0.05）。

表 5 饲粮中添加新型甜味剂及鲜味剂对断奶仔猪养分消化率的影响

Table 5 Effects of dietary novel sweetener and umami enhancer on nutrient digestibility of weaned piglets %

项目 Items	组别 Groups A	B	C	D	*P* 值 *P*-value
有机物 OM	79.27±2.43	84.81±2.57	81.57±3.30	82.42±4.93	0.209
粗蛋白质 CP	71.42±2.71	78.42±4.37	73.35±4.89	74.88±6.98	0.286
粗脂肪 EE	63.45±7.46	70.37±3.46	65.45±8.98	64.69±10.59	0.648
钙 Ca	40.64±7.06	49.69±8.18	46.39±13.97	48.45±7.52	0.572
磷 P	44.80±6.04	58.64±6.90	51.47±8.98	52.76±12.68	0.244

2.4 饲粮中添加新型甜味剂及鲜味剂对断奶仔猪粪便微生物数量的影响

由表 6 可知，与对照组相比，各试验组的断奶仔猪粪便大肠杆菌、乳酸杆菌和双歧杆菌数量均差异不显著（*P*>0.05）。

表 6 饲粮中添加新型甜味剂及鲜味剂对断奶仔猪粪便微生物数量的影响

Table 6 Effects of dietary novel sweetener and umami enhancer on fecal microbe number of weaned piglets lg(CFU/g)

项目 Items	组别 Groups A	 B	 C	 D	*P* 值 *P*-value
大肠杆菌 *Escherichia coli*	7.31±0.30	7.03±0.26	7.23±0.27	7.10±0.12	0.397
乳酸杆菌 *Lactobacillus*	7.02±0.11	7.13±0.31	7.01±0.25	7.11±0.17	0.826
双歧杆菌 *Bifidobacteria*	5.82±0.47	6.11±0.18	5.84±0.36	5.95±0.29	0.626

3 讨 论

3.1 饲粮中添加新型甜味剂及鲜味剂对断奶仔猪生长性能的影响

仔猪因断奶、换料等因素极易产生应激，从而使其发生腹泻。而在断奶仔猪饲粮中添加各种风味剂，可以促进断奶仔猪的采食，从而减缓其应激状况，改善断奶仔猪腹泻的情况。甜味剂和鲜味剂提高断奶仔猪采食量的主要途径是通过刺激其味觉，促进断奶仔猪的食欲，以达到增加饲料采食的效果[9]。Rezaei 等[10]研究表明，饲粮添加鲜味剂可以改善断奶仔猪的生长性能，提高其日增重以及饲料转化效率，降低其腹泻率。将 0.1%的 MSG 添加到育肥猪的饲粮中，能增加其采食量，缩短育肥期，提高 8%的日增重[11]。彭彰智[12]和肖英平等[13]研究发现，断奶仔猪饲粮中添加鲜味剂可以提高其生长性能，降低腹泻率。杨慧等[14]研究表明，饲粮中添加甜味剂后断奶仔猪的采食量与增重均能够显著提高，具有改善断奶仔猪生长性能的作用，且对断奶仔猪腹泻也有改善作用。牟永斌[15]研究表明，饲粮中添加甜味剂能够刺激断奶仔猪采食，并且还能促进其生长。张飞[16]研究表明，饲粮中添加甜味剂能够改善断奶仔猪的腹泻情况。本试验结果显示，饲粮中添加糖精钠、鲜味组合物和植物甜味提取物极显著降低了断奶仔猪试验第 1～14 天及第 1～28 天的 F/G，这与前人的研究结果一致。可见，断奶仔猪饲粮中添加新型甜味剂及鲜味剂对其生长性能具有改善作用。

3.2 饲粮中添加新型甜味剂及鲜味剂对断奶仔猪血清胃肠肽指标的影响

GLP-1 是由胰高血糖素原裂解所产生的肽类物质，由远端小肠和结肠的 L 细胞所合成与分泌[17]。它能够增强胰岛素的合成与分泌，对胰高血糖素的合成及分泌产生抑制作用，并延缓胃的排空，对于动物的能量以及物质代谢也具有调控的作用。GLP-1 能够通过迷走神经、GLP-1 受体以及传入神经纤维对动物胃肠道的排空产生抑制作用[18]；而胃排空抑制则会减缓营养物质进入到小肠当中的速度，并且使小肠对营养物质的吸收减慢，从而使进食量

减少[19]。研究发现，对人给予外源性的 GLP-1，不论是健康或者肥胖者对于食物的摄取量均有所减少[20]。Näslund 等[21]研究表明，给健康的肥胖受试者在用餐时进行 GLP-1 注射，注射 5 d 发现其体重降低了 0.55%。Meeran 等[22]研究表明，对大鼠进行 GLP-1 外周灌注，能够降低其对食物的摄取，其体重也有所减轻。本试验中，糖精钠组及植物甜味提取物组的血清 GLP-1 含量与对照组相比均有所降低，与 ADFI 和 ADG 的结果相吻合；鲜味组合物组显著降低了血清 GLP-1 含量，这虽然也与 ADFI 和 ADG 的结果相吻合，但其 ADFI 和 ADG 低于糖精钠组及植物甜味提取物组，而其血清 GLP-1 含量也低于这 2 组，这可能是因为添加的风味剂不同或者断奶仔猪对血清 GLP-1 含量存在个体差异的原因，具体原因还有待进一步的研究。

3.3　饲粮中添加新型甜味剂及鲜味剂对断奶仔猪养分消化率的影响

仔猪因其品种、性别及日龄等条件的差异，对于饲粮中各养分的消化利用情况有所不同[23-24]。而饲粮本身组成成分的不同，仔猪对其吸收水平的不同，还有代谢类型不同等，各种不能确定的因素会对 CP、EE 等养分的消化吸收水平产生很大的影响。而生长性能与消化率之间又有着极为紧密的联系，因而，饲料中养分的消化率如若能够提高，则仔猪的生长性相对的也会有所增加。牟永斌[15]研究表明，饲粮中添加甜味剂能够显著提高仔猪干物质（DM）、CP、EE 以及 OM 的消化率；刘爽[25]研究表明，饲粮中添加甜味剂可以显著提高仔猪对总能（GE）、CP、DM 的消化率，本试验中，饲粮中添加糖精钠、鲜味组合物和植物甜味提取物组的 OM、CP、EE、Ca 和 P 消化率差异不显著，可能是由于所选用的甜味剂及鲜味剂类型不同。

3.4　饲粮中添加新型甜味剂及鲜味剂对断奶仔猪粪便微生物数量的影响

仔猪断奶后所面临的最常见的、最大的危害就是腹泻的问题，其中由于肠毒性大肠杆菌所引发的腹泻占仔猪断奶腹泻的 80%[26]。而仔猪的腹泻是产生经济损失的主要因素。导致断奶仔猪腹泻的一类大肠杆菌具有黏附因子能使其定植到仔猪的肠上皮，而酵母提取物对其定植具有抑制的作用，进而使断奶仔猪腹泻减少；且对于肠道微生态的平衡也具有调节的作用[27]。乳酸杆菌和双歧杆菌作为肠道中的有益菌，若大量增殖，则会对大肠杆菌的增殖产生竞争性的抑制作用，从而调节仔猪肠道当中微生物的菌群结构，以保证肠道微生态的平衡，但本试验中，饲粮中添加糖精钠、鲜味组合物和植物甜味提取物对粪便微生物数量的影响未

达到显著水平。

4　结　论

① 饲粮中添加糖精钠、鲜味组合物及植物甜味提取物对断奶仔猪的生长性能均有改善作用，在试验第 1～14 天及第 1～28 天均极显著降低了 F/G。

② 饲粮中添加鲜味组合物显著降低了断奶仔猪血清 GLP-1 含量。

参考文献：

[1]　朱元招,尚秀国,张德福.浅析仔猪采食量及其提高途径[J].中国猪业,2007(4):25-27.

[2]　STERK A,SCHLEGEL P,MUL A J,et al.Effects of sweeteners on individual feed intake characteristics and performance in group-housed weanling pigs[J].Journal of Animal Science, 2008,86(11):2990-2997.

[3]　张文丽,雷雄,魏敏.仔猪粉状高铜饲料中添加不同剂量甜味剂对生长性能的影响[J].畜禽业,2009,30(3):14-15.

[4]　孙平清,邓广庆.在生长猪饲料中加入不同梯度的甜味剂的对比试验[J].现代畜牧兽医,2006(7):22-23.

[5]　陈永锋.甜味剂和香味剂对仔猪生产性能的影响[J].福建畜牧兽医,2012,24(2):12-14.

[6]　CROMWELL G L,ALLEE G L,MAHAN D C.Assessment of lactose level in the mid-to late-nursery phase on performance of weanling pigs[J].Journal of Animal Science,2008,86(1):127-133.

[7]　陈罡.谷氨酸纳对哺乳仔猪蛋白质和脂肪代谢影响的研究[D].硕士学位论.长沙:湖南农业大学,2013:2-4.

[8]　袁缨.动物营养学实验教程[M].北京:中国农业出版社,2006:12-91.

[9]　张雷,蔡菊,周万胜.甜味剂在饲料工业中的应用性状与发展前景[J].饲料博览,2004(7):4-6.

[10]　REZAEI R,KNABE D A,TEWEK C D,et al.Dietary supplementation with monosodium glutamate is safe and improves growth performance in postweaning pigs[J].Amino acids,2013,44(3): 911-923.

[11]　王本琢,孙胜元,永标.调味剂在养猪生产中的应用[J].动物科学与动物医

学,2002,19(10) :61-63.

[12] 彭彰智.谷氨酸对断奶仔猪的营养及肠道神经系统的影响[D].硕士学位论文.南昌:南昌大学,2012:1-3.

[13] 肖英平,洪奇华,刘秀婷,等.谷氨酰胺对断奶仔猪生长性能、营养物质表观消化率、空肠碱性磷酸酶活性及与肠道健康相关因子基因表达的影响[J].动物营养学报,2012,24(8):1438-1446.

[14] 杨慧,林伯全,徐磊.液体营养素与不同类型甜味剂对断乳土黑仔猪生长性能和腹泻率的影响[J].福建畜牧兽医,2015,37(5):10-12.

[15] 牟永斌.色氨酸和诱食剂对仔猪营养生理效应的影响研究[D].硕士学位论文.重庆:西南大学,2008:2-4.

[16] 张飞.日粮中添加糖精锌和复合酶制剂对仔猪生长性能和养分消化率的影响[D].硕士学位论文.武汉:中华农业大学,2009:1-4.

[17] CUMMINGS D E,OVERDUIN J.Gastrointestinal regulation of food intake[J].The Journal of Clinical Investigation,2007,117(1):13-23.

[18] MEIER J J,KEMMERIES G,HOLST J J,et al.Erythromycin antagonizes the deceleration of gastric emptying by glucagon-like peptide 1 and unmasks its insulinotropic effect in healthy subjects[J].Diabetes,2005,54(7):2212-2218.

[19] 金玉翠,申传安,柴家科.胰高血糖素样肽 1 的结构及生物学作用研究进展[J].解放军医学杂志,2011,36(8):875-787.

[20] 许建萍,肖新华.胰高血糖素样肽-1 的生理作用及分泌调节因素[J].中华临床医师杂志,2013,7(24):11632-11634.

[21] NÄSLUND E,KING N,MANSTEN S,et al.Prandial subcutaneous injections of glucagon-like peptide-1 cause weight loss in obese human subjects[J].The British Journal of Nutrition,2004,91(3):439-446.

[22] MEERAN K,O'SHEA D,EDWARDS C M,et al.Repeated intracerebroventricular administration of glucagon-like peptide-1-(7-36) amide or exendin-(9-39) alters body weight in the rat[J].Endocrinology,1999,140(1):244-250.

[23] 唐胜球,江青艳,张永亮,等.脑肠肽 Obestatin 与 Ghrelin 的研究进展[J].世界华人消化杂志,2007,15(31):3324-3333.

[24] MURAKAMI N,HAYASHIDA T,KUROIWA T,et al.Role for central ghrelin in food intake and secretion profile of stomach ghrelin in rats[J].The Journal of Endocrinology,2002,174(2):283-288.

[25] 刘爽.几种甜味剂、香味剂和饲料颜色对仔猪增重效果的影响研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2007:1-4.

[26] 代兵.断奶仔猪肠道健康的营养调节剂的应用[D].博士学位论文.南京:南京农业大学,2011:1-3.

[27] KIARIE E,BHANDARI S,SCOTT M,e al.Growth performance and gastrointestinal microbial ecology responses of piglets receiving *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product after an oral challenge with Escherichia coli (K88)[J].Journal of Animal Science, 2011,89(4):1062-1078.

Application Effects of Novel Sweetener and Umami Enhancer in Weaned Piglets Diets [2]

LI Fangfang[1] LIU Qingmei[1] ZHANG Yong[1,2] HUANG Tiejun[2] HE Maolong[2] ZHU Yujing[1*]

(1. *College of Animal Sciences and Veterinary Sciences, Shenyang Agricultural University, Shenyang* 110866, *China*; 2. *Lucta* (*Guangzhou*) *Flavors Co*., *Ltd*., *Guangzhou* 510730, *China*)

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of novel sweetener and umami enhancer on growth performance, serum gastrointestinal peptide indexes, nutrient digestibility and fecal microbe number of weaned piglets. One hundred and twenty eight (28±2)-day-old healthy Large White piglets with the body weight of（7.81±0.82）kg were selected and randomly divided into 4 groups with 4 replicates per group and 8 piglets per replicate. Piglets in the control group (group A) were fed a basal diet (without sweetener and umami enhancer), and piglets in the other groups were fed the basal diet added with 0.2 g/kg saccharin sodium (group B), 0.2 g/kg umami

*Corresponding author, professor, E-mail: syndzhyj@163.com （责任编辑　武海龙）

enhancer compounds (group C) and 0.2 g/kg plant sweetener extract (group D), respectively. The trial lasted for 28 days. The results showed as follows: 1) compared with the control group, the ratio of feed to gain of weaned piglets at the 1st to 14th days and the 1st to 28th days of groups B, C and D was significantly decreased (P<0.01). 2) Compared with the control group, the serum glucagon-likepeptide 1 content of group B was significantly decreased (P<0.05). 3) There were no significant differences in the digestibilities of organic matter, crude protein, ether extract, calcium and phosphorus among all groups （P>0.05）. 4) There were no significant differences in the numbers of *Escherichia coli*, *Lactobacillus* and *Bifidobacteria* in feces among all groups （P>0.05）. It is concluded that dietary saccharin sodium, umami enhancer compounds and plant sweetener extract can improve the growth performance of weaned piglets, and regulate the serum gastrointestinal peptides secretion.

Key words: flavoring agents; weaned piglets; growth performance; serum gastrointestinal peptide indexes; nutrient digestibility; fecal microbe